

| Titulació | Tipus | Curs |
|-----------|-------|------|
| Física    | OT    | 4    |

## Professor/a de contacte

Nom: Rafel Escribano Carrascosa

Correu electrònic: rafel.escribano@uab.cat

## Equip docent

Noé Duarte González

## Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

## Prerequisits

Es requereixen coneixements previs de física quàntica, espais de Hilbert, operadors, i teoria de grups, per tant, és recomanable haver cursat les assignatures Física Quàntica I, Física Quàntica II i Mètodes Matemàtics Avançats.

## Objectius

L'objectiu d'aquesta assignatura és que l'alumnat domini diversos mètodes i aspectes formals de la Mecànica Quàntica que permeten aprofundir en el seu coneixement i que tenen un gran ventall d'aplicacions en diversos àmbits de la física moderna com ara la física atòmica, nuclear, de partícules, de la matèria condensada, de l'estat sòlid, fotònica, etc. S'aprofundirà en l'ús dels espais de Hilbert, s'introduiran les diferents imatges d'evolució temporal així com els operadors unitaris d'evolució temporal i els de realitzacions de simetries, contínues i discretes. Les aplicacions més importants a assimilar són els operadors d'espectre continu, l'addició mecano-quàntica de moments angulars, partícules idèntiques i la teoria de pertorbacions depenent del temps, així com els exemples notables de potencials dependents del temps.

## Competències

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals

- Conèixer els fonaments de les principals àrees de la física i comprendre'ls
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi que permeti adquirir coneixements i habilitats en camps diferents al de la física i aplicar a aquests camps les competències pròpies del grau de Física, aportant propostes innovadores i competitives
- Formular i abordar problemes físics identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si fos necessari, per arribar a una solució que ha de ser presentada explicitant hipòtesis i aproximacions
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte
- Treballar en grup, assumint responsabilitats compartides e interaccionant professional i constructivament amb altres amb absolut respecte als seus drets.
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar les conseqüències de nous plantejaments amb propostes concretes i posar a prova la seva validesa dins del marc de la mecànica quàntica.
2. Analitzar nous i vells experiments quàntics des de diferents punts de vista per consolidar les bases del formalisme quàntic i plantejar punts de vista no convencionals.
3. Aplicar diferents maneres equivalents de resoldre un mateix problema, utilitzant per exemple, imatges diferents o descripcions equivalents relacionades per operadors unitaris.
4. Calcular coeficients de Clebsch-Gordan i saber-ne utilitzar les taules.
5. Calcular les probabilitats de la mesura d'un observable en un sistema quàntic.
6. Calcular l'evolució d'un sistema al qual apliquem un potencial dependent del temps.
7. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
8. Descriure el concepte de generador d'una transformació contínua i la simetria que hi està associada.
9. Descriure el teorema d'Ehrenfest.
10. Descriure la composició de moments angulars.
11. Descriure la dinàmica d'un sistema i la seva evolució a partir de l'operador d'evolució temporal i les diferents imatges equivalents.
12. Descriure la interacció en mecànica quàntica, la imatge d'interacció i el desenvolupament de la teoria de perturbacions.
13. Descriure les diferències entre estats purs i barreja i el seu formalisme.
14. Descriure les transformacions discretes així com el concepte de partícules idèntiques i d'intercanvi de partícules i les seves conseqüències.
15. Desenvolupar la capacitat de relacionar el formalisme matemàtic de la mecànica quàntica amb els experiments del món físic.
16. Discernir entre les hipòtesis implícites al problema tractat i les conseqüències d'eliminar-les i, per tant, aprendre a generalitzar la solució.
17. Dur a terme correctament la composició de moments angulars.
18. Enumerar i descriure els postulats de la mecànica quàntica.
19. Identificar les característiques essencials del problema quàntic tractat i traduir-les en termes d'operadors i estats quàntics per descriure el sistema i els observables rellevants.
20. Manipular amb rigor les propietats dels espais de Hilbert i del producte i suma directa d'espais.
21. Plantejar correctament l'evolució temporal d'un sistema quàntic.
22. Predir correctament el resultat d'aplicar transformacions discretes com a paritat o inversió temporal sobre un sistema.
23. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
24. Relacionar algunes de les aplicacions de la mecànica quàntica amb desenvolupaments tecnològics actuals.
25. Relacionar resultats recents d'investigació amb alguns dels aspectes fonamentals de la mecànica quàntica.

26. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
27. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
28. Utilitzar correctament els operadors de translació i rotació sobre un sistema quàntic concret.
29. Utilitzar correctament les bases contínues i la notació de Dirac.
30. Utilitzar la representació espectral i matricial dels operadors hermitians i unitaris.

## Continguts

- 1) Theory of Angular Momentum: Addition of Angular Momenta
- 2) Symmetry in Quantum Mechanics: Symmetries and Conservation Laws; Discrete Symmetries (Parity, Time Reversal)
- 3) Approximation Methods: Time-Dependent Potentials; Time-Dependent Perturbation Theory
- 4) Scattering Theory: The Scattering Amplitude; The Born Approximation; Phase Shifts and Partial Waves
- 5) Identical Particles: Quantum Fields; Second Quantization
- 6) Relativistic Quantum Mechanics: The Klein-Gordon Equation; The Dirac Equation

## Activitats formatives i Metodologia

| Títol                                          | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                                                                      |
|------------------------------------------------|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tipus: Dirigides                               |       |      |                                                                                                               |
| Exercicis                                      | 16    | 0,64 | 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30                   |
| Lliçons de Teoria                              | 33    | 1,32 | 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30                      |
| Tipus: Autònomes                               |       |      |                                                                                                               |
| Discussió, grups de treball, exercicis en grup | 24    | 0,96 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Estudi dels fonaments teòrics                  | 48    | 1,92 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |

Lliçons de teoria i exercicis.

Treball a classe i a casa.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè els alumnes completin les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

| Títol                                     | Pes | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                                                                                      |
|-------------------------------------------|-----|-------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entrega d'exercicis: temes primer parcial | 10% | 10    | 0,4  | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Entrega d'exercicis: temes segon parcial  | 10% | 10    | 0,4  | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Examen de recuperació: tots els temes     | 80% | 3     | 0,12 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Examen: temes primer parcial              | 40% | 3     | 0,12 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |
| Examen: temes segon parcial               | 40% | 3     | 0,12 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 |

Examen i entrega d'exercicis dels temes del primer parcial;

Examen i entrega d'exercicis dels temes del segon parcial;

Examen de recuperació: tots els temes;

Per participar en l'examen de recuperació has d'haver estat avaluat dels dos exàmens parcials sense requerir una nota mínima;

L'examen de recuperació cobreix tota l'assignatura;

Pots venir a l'examen de recuperació per millorar la teva nota. Si és així, la teva nota final corresponent a la part d'exàmens serà la d'aquest examen.

Avaluació única: L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única haurà de dur a terme una prova final que consistirà, en primer lloc, en un examen de tot el temari. Aquest examen es durà a terme el mateix dia, hora i lloc que l'examen de la modalitat d'avaluació continuada. A més a més, abans de començar l'examen, l'alumnat lliurarà 2 entregues que consistiran en la resolució d'un conjunt seleccionat d'exercicis proposats en una data anterior. Per a la qualificació, 80% de la nota serà la de l'examen i cadascuna de les entregues comptarà un 10%. L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única té una altra oportunitat de superar l'assignatura o millorar la nota mitjançant el mateix examen de recuperació que l'alumnat que hagi optat per l'avaluació continuada (ambdós exàmens seran idèntics i tindran lloc el mateix dia, hora i al mateix lloc), però és obligatori haver-se presentat a la prova final per optar a la recuperació. En aquesta prova es podrà recuperar la nota corresponent a l'examen. La part d'entregues no és recuperable.

## Bibliografia

- "Modern Quantum Mechanics", J. J. Sakurai i J. Napolitano, Cambridge University Press, 2021
- "Quantum Mechanics", D. Tong, Cambridge University Press, 2025
- "Introduction to Quantum Mechanics", D. J. Griffiths i D. F. Schroeter, Cambridge University Press, 2018

## Programari

No es requereix programari.

## Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre de 2025. A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través daquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

| Nom                      | Grup | Idioma | Semestre            | Torn      |
|--------------------------|------|--------|---------------------|-----------|
| (PAUL) Pràctiques d'aula | 1    | Anglès | primer quadrimestre | matí-mixt |
| (TE) Teoria              | 1    | Anglès | primer quadrimestre | matí-mixt |